

# **ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И КАЧЕСТВА СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ, ПОЛУЧЕННЫХ ЛАЗЕРНОЙ СВАРКОЙ УГЛЕРОДИСТЫХ СТАЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНОКУЛЯТОРОВ**

**Савенко Т.И., Головин Е.Д., Шелудько Н.В.**

*Руководитель: д.т.н., проф А.А. Батаев*

**Новосибирский государственный технический университет,  
г.Новосибирск, tisavenko@mail.ru**

Сварные конструкции широко используются в самых различных областях человеческой деятельности. Значительную их часть составляют конструкции из углеродистых сталей. Механические характеристики сварных швов, как правило, сильно уступают характеристикам основного металла, что делает сварной шов наименее надежным местом всей конструкции. Получение сварных швов, не уступающих основному металлу по уровню механических свойств, является актуальной научной задачей.

Технология лазерной сварки позволяет получать сварные соединения, обладающие более высокими механическими свойствами, чем сварные соединения, полученные при помощи электрической дуги. Тем не менее, как традиционные виды сварки плавлением, так и лазерная сварка неизбежно приводят к образованию в сварном шве дефектной литой структуры.

Одним из активно разрабатываемых в технологии сварки направлений в настоящее время является применение мелкодисперсных порошковых добавок, влияющих на кристаллизацию сварного шва. В данной работе исследовалось влияние нанодисперсного порошка  $TiCN+Cu$  на качество сварных соединений из листовой стали 20, полученных методом лазерной сварки. Сварка производилась на автоматическом лазерном технологическом комплексе «Сибирь-2» производства Института теоретической и прикладной механики СО РАН. Толщина свариваемых пластин составляла 3 мм. Порошок  $TiCN+Cu$  наносился предварительно на кромки свариваемых пластин. Сварка осуществлялась в атмосфере гелия. Заготовки соединялись встык.

Для оценки качества сварных соединений были выполнены металлографические и фрактографические исследования полученных образцов, проведены измерения микротвердости шва и прилегающей зоны термического влияния (далее ЗТВ), осуществлены испытания на статическое растяжение и трехточечный ударный изгиб с V-образным концентратором, нанесенным по сварному шву.

Структура сварного шва, полученного при помощи лазерного луча, имеет грубое строение с крупными кристаллами (длина пластин достигает 600 мкм), вытянутыми в направлении отвода тепла. При добавлении инокулятора, длина кристаллов уменьшается до 300-400 мкм.

Измерение микротвердости сварного шва и ЗТВ показывает, что применение инокулятора приводит к сглаживанию скачков микротвердости, наблюдаемых при лазерной сварке. Этот факт указывает на повышение однородности структуры при добавлении инокулятора.

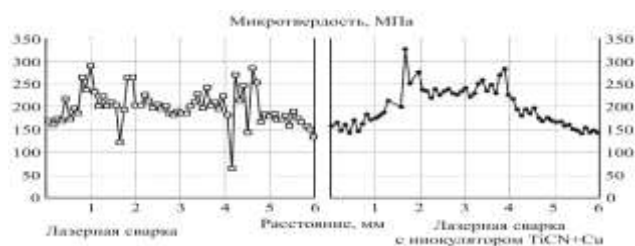


Рисунок 1. Микротвердость сварных швов без инокулятора и с добавлением порошка TiCN+Cu.

Испытания сварных швов на статическое растяжение показали, что применение инокулятора привело к некоторому повышению относительного удлинения образцов (с 4 до 7%), в то время как предел прочности остался на прежнем уровне (рисунок 2).

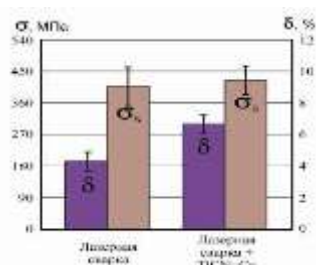


Рисунок 2. Результаты испытаний сварных швов на растяжение

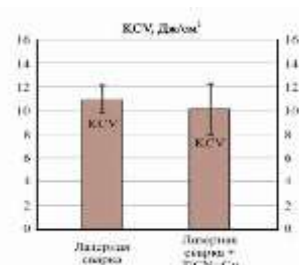


Рисунок 3. Результаты испытаний сварных швов на ударный изгиб

При испытании сварных соединений на трехточечный ударный изгиб, инокулированные сварные швы показали более низкие значения работы разрушения. Данный факт, вероятнее всего, вызван наличием пор в инокулированном сварном шве, имеющих размеры 200-300 мкм. В сварном шве, полученном без применения инокуляторов, подобных пор не обнаружено.

По результатам исследований можно сделать вывод о том, что добавка инокулятора типа TiCN+Cu благоприятно отражается на однородности структуры сварного шва. В то же время, необходимо решить проблемы по устранению пористости, вызванной использованием указанного выше нанопорошка.